

РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ РАДИОЛИНИИ СТАЦИОНАРНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Авдеенко Г. Л., ассистент, Якорнов Е. А., к.т.н., профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В настоящий момент основной тенденцией развития стационарных беспроводных телекоммуникационных систем (БТС), используемых на магистральных радиопереносах, а также на «последней миле», является увеличение объёмов передаваемой информации при предоставлении пользователям различных инфокоммуникационных услуг (широкополосный доступ в Интернет, передача мультимедийной информации в реальном масштабе времени и т. п.)

Относится указанная тенденция и к таким БТС как системы цифровой радиорелейной связи (ЦРРС), которые хорошо себя зарекомендовали при построении магистральных сегментов телекоммуникационных сетей различных операторов, в особенности между сетевыми узлами (базовыми станциями) в крупных мегаполисах в качестве альтернативы волоконно-оптическим линиям связи, развёртывание или аренда трактов которой обходится намного дороже, чем развёртывание линий ЦРРС.

Традиционное решение задачи повышения скорости передачи при ограниченности радиочастотного реверса на данный момент времени в системах ЦРРС обеспечивается преимущественно путём увеличения количества стволов без изменения вида модуляции либо использованием методов многопозиционной манипуляции цифровых сигналов, таких как *QAM-16*, *QAM-32*, *QAM-64*, *QAM-128*, *QAM-256*, без изменения полосы радиочастот ствола. Последний подход, получивший на практике наибольшее распространение, обеспечивает высокую спектральную эффективность (по сравнению с *QPSK*), однако он, во-первых, предъявляет высокие требования к стабильности несущей частоты и фазовым шумам гетеродинов приёмно-передающих устройств ЦРРС, а во-вторых, требует большие отношения сигнал-шум на входе приёмных устройств ЦРРС (для ЦРРС с манипуляцией *QAM-64* $SNR_{min} = 33$ дБ) [1].

Кроме того, в настоящий момент в мире ведутся интенсивные исследования по созданию систем ЦРРС в миллиметровом и терагерцовом диапазонах, обладающих, во-первых, намного большей информационной ёмкостью, чем диапазон СВЧ, а во-вторых, меньшим уровнем естественных и искусственных помех.

Необходимо также отметить, что отечественными учёными в качестве одного из перспективных способов повышения помехоустойчивости дей-

ствуючих ліній ЦРРС при неизменном значении длины пролёта (постоянном энергетическом потенциале радиолитии) предложено применение способа комбинированной модуляции QAM-M/ЧМ, позволяющего, во-первых, использовать действующий парк линий аналоговой РРС для передачи цифровых потоков без изменения класса радиоизлучения с минимальной модернизацией передающего и приёмного комплектов, во-вторых, обеспечить возможность увеличения дальности систем ЦРРС в 3...4 раза по сравнению с ЦРРС, использующих манипуляцию QAM-64 за счёт малого требуемого значения $SNR_{min} = 10..12$ дБ на входе ЧМ демодулятора приёмника ЦРРС, в-третьих, обеспечить менее критичные требования к стабильности несущей частоты и фазовым шумам гетеродинов и относительно высокую спектральную эффективность. Однако всё вышеуказанное достигается за счёт расширения полосы радиочастот в 3,5 раза: от 8 МГц при QAM-64 до 27 МГц при комбинированной модуляции QAM-64/ЧМ [2].

Таким образом, вышеуказанное говорит о целесообразности дальнейшего поиска способов повторного использования выделенных для стационарных БТС многопозиционной манипуляцией полос радиочастот путем улучшения существующих методов селекции (пространственной, поляризационной, частотной, временной, амплитудной, кодовой и т.д.) а также поиска новых и использования известных физических признаков (свойств) электромагнитной волны (ЭМВ), по которым на практике можно осуществить разделение радиосигналов, одновременно использующих один и тот же частотный ресурс, на приёмной стороне друг от друга с минимальными искажениями этих сигналов.

По мнению авторов, одним из перспективных физических признаков ЭМВ, который может быть использован для обеспечения повторного использования радиочастотного ресурса, является известное физическое явление кривизны фазового фронта ЭМВ. В работе [3] теоретически обоснована возможность применения явления кривизны фазового фронта ЭМВ в БТС, однако не были получены численные показатели эффективности пространственной обработки, речь о которых пойдёт в докладе.

Литература

1. Ильченко М. Е., Нарытник Т. Н., Илюшко В. М. Использование метода комбинированной модуляции в микроволновых телекоммуникационных системах передачи данных // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. — 2009. — № 2 (36). — С. 71 — 77.
2. Нарытник Т. Н., Семенко А. И. Использование двухуровневой модуляции КАМ-ЧМ в системе МИТРИС// Наукові записки УНДІЗ. — 2010. — №1(13) — С. 31 — 36.
3. Якорнов С. А., Коломыцев М. О., Авдеенко Г.Л., Лавриненко О.Ю. «Теоретический анализ возможности применения физического явления кривизны фазового фронта электромагнитной волны в стационарных системах радиосвязи сверхвысокочастотного диапазона» // Вестник НТУУ «КПІ». Сер. Радиотехника. Радиоаппаратостроение. — 2012. — № 48. — С. 84 — 96.